

Østersøvand til vanding af græsmarksplanter

The influence of Baltic sea water on grassland

V. Jørgensen

Resumé

I perioden 1974–81 blev der gennemført vandingsforsøg med Østersøvand til 5 græsarter, hvidkløver + engrapgræs og lucerne. Vandet indeholdt 0,8% totalsalt.

Det var forsøgenes mål at undersøge effekten af denne vandkvalitet på tørstofudbytte, planternes kemiske sammensætning og ionkoncentrationen i jorden.

Resultaterne viste, at der med 1–2 vanding i en kortere tørkeperiode, kunne opnås merudbytter for vanding. Efter længere tørkeperioder bevirkede saltophobningen i jorden, at der kom udbyttedgang. I de fleste år var efterårs- og vinternedbøren i stand til at udvaske den ophobede saltmængde fra de øverste jordlag. Begrænsning af vandingen til vanding efter slæt gav et bedre resultat end »kontinuert« vanding efter underskud. Alm. rajgræs og hvidkløver + engrapgræs var mest salttolerante. Det kan ikke anbefales at basere vanding af græsmarksplanter på Østersøvand alene.

Nøgleord: Vanding, havvand, græsser, kløver, lucerne.

Summary

Between 1974–81 irrigation experiments with Baltic sea water were carried out. Five grasses, white clover + grass and lucerne were examined. The sea water contained 0.8% total soluble salt.

The purpose of the experiment was to examine the effects of Baltic sea water on the yield of dry matter, dry matter composition and the ion concentration in the soil.

Application of water once or twice during a short period without precipitation increased dry matter production. After extended dry periods the dry matter production decreased due to salt accumulation in the soil. Most years the precipitation during autumn and winter was able to wash out the salt from the uppermost part of the soil.

Salt water decreased the content of dry matter and calcium in the plants but increased the content of potassium, sodium and chloride.

Key words: Irrigation, sea water, grasses, clover, lucerne.

Indledning

I tørre år opstår der ofte interesse for anvendelse af brakvand, fjordvand og evt. havvand til markvanding. Denne interesse viste sig udpræget i begyndelsen af 70'erne og efter de to meget tørre år 1975 og 1976.

Der er imidlertid mange problemer forbundet med anvendelse af saltholdigt vand.

Det er nødvendigt at kende planternes salttolerance, da denne er meget forskellig fra art til art (Dam, 1954; Bernstein, 1964; Nitsch, 1967; Jørgensen, 1976, og Johansson, 1978).

Der er nogen uoverensstemmelse mellem de koncentrationsgrænser, som angives i litteraturen. F.eks. angiver Hellings (1971), at vand, som indeholder 0,1–0,2% klorid, overhovedet ikke kan anvendes til vanding. Andre undersøgelser viser, at der kan opnås store merudbytter i visse græsser ved vanding med totalsaltkoncentrationer på op til 0,8% i vandingsvandet (Nitsch, 1967 og Johansson, 1978).

Disse uoverensstemmelser mellem forskellige resultater kan skyldes flere faktorer:

- forskellige klimaforhold kan bevirke forskellige vandingsbehov og dermed forskellig saltophobning.
- under samme klimaforhold kan der være stor forskel på nedbør og nedbørsfordeling fra år til år. De opnåede resultater bør derfor ses i relation til disse forhold.
- samme mængde nedbør i vækstperioden kan fordeles mere eller mindre gunstigt for fortynding af jordvæske og udvaskning af salt.
- forsøgene gennemføres på forskellige jordtyper.
- en sortsforskel kan måske ikke udelukkes.

Ved tilførsel af saltholdigt vand opstår der flere risici. Der er fare for strukturskade på jorden som følge af natriumtilførslen. Der kan desuden opstå kloridskade på planterne. Stigende saltindhold i jordvæsken fører til forhøjet osmotisk potentiale og dermed vanskeligere vandoptagelse. Planterne synes dog i nogen grad at kunne kompensere for dette forhold ved koncentrationstilpasninger i celsaften (Jensen, 1975).

Westerhof (1950) har undersøgt natriumkoncentrationens indflydelse på jordstrukturen og fandt, at hvis natrium udgør ca. 20% af de ombyttelige ioner, kan jordstrukturen ødelægges fuldstændigt i lerjord. Det angives ofte, at strukturskade kan undgås, hvis ionforholdet i milliækvivalenter er:

$$(1) \quad \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{1/2(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})}} < 8$$

På Bornholm opstod i begyndelsen af 70'erne interesse for gennemførelse af vandingsforsøg med havvand til græs. Interessen skyldtes først og fremmest små grundvandsressourcer samt de relativt lave saltkoncentrationer i Østersøen omkring øen (ca. 0,8%). Endvidere fandtes på øen en tørreindustri, som var interesseret i en jævn produktion gennem vækstsæsonen. I denne industri anvendtes først og fremmest lucerne.

I årene 1974–81 gennemførtes vandingsforsøg på Bornholm med Østersøvand til 5 græsarter, hvidkløver + engrapgræs og lucerne. Det var forsøgenes formål at undersøge effekten af forskellig vandingsmetodik på udbytte, kemisk sammensætning af tørstof samt ionkoncentrationen i jorden.

Metodik og forsøgsplaner

1974:

1. Uvandet.
2. Vanding til markkapacitet ved 40 mm underskud.
3. Vanding med 10–15 mm ved 40 mm underskud.

Afgrøde: Kløvergræs.

1976–81:

- A. Uvandet.
- B. Vanding til markkapacitet ved 50 mm underskud.
- C. Vanding til markkapacitet ved slæt.

Afgrøder:

Rød svingel – *Festuca rubra*.

Engsvingel – *Festuca pratensis*.

Alm. rajgræs – *Lolium perenne*.

Hundegræs – *Dactylis glomerata*.

Timothe – *Phleum pratense*.

Hvidkløver+engrapgræs – *Trifolium repens/Poa pratensis*.

Lucerne – *Medicago sativa*.

Nedbøren blev målt ved forsøgsarealet. Beregning af deficit foregik ved hjælp af disse nedbørsdata samt fordampningstal fra Statens Planteavlsvforsøgs fordampningsmåler på Bornholm.

Forsøget blev anlagt som rækkeforsøg med 3 gentagelser af forsøgsbehandlingerne. Vandingen skete med sprinkleranlæg med en sprinklerledning på hver side af parcelrækken.

Resultater

Slætdataer, vandingsdatoer, vandmængder og vandkvalitet fremgår af tabel 1 og 2.

Udbytteresultaterne findes i tabel 3 og 4. Nedbør, nedbørsfordeling og fordampning er vist i fig. 1.

For hurtigt at opnå orienterende forsøgsresultater blev forsøget startet i en etableret græsmark i 1974.

Udbyttet af tørstof fremgår af tabel 3. I 1974 blev arealet afgræsset før forsøget startede, hvilket er årsagen til de lave totaludbytter.

I 1974 gav to vandinger med stor vandmængde til 1. slæt et merudbytte på 8,2 hkg tørstof pr. ha, medens lille vandmængde på de samme datoer kun gav lidt mere end halvdelen af dette merudbytte. I 2. og 3. slæt blev det højeste merudbytte opnået ved tildeling af lille vandmængde, som for alle 3 slæt gav et merudbytte på 19,2 hkg tørstof. Stor vandmængde medførte en øjeblikkelig stor produktionsforøgelse, men de tilførte saltmængder havde en negativ effekt, som især blev tydelig i 3. slæt, som blev vandet en gang.

I 1975 blev der sået udlæg i et nyt forsøgsareal, hvilket er årsagen til, at der ikke findes resultater fra dette år. Vækstsæsonen 1976 var meget tør fra begyndelsen af juni (fig. 1). Der blev vandet to gange til både 2. og 3. slæt.

I hvidkløver + engrapgræs og lucerne var der ikke vandingsudslag i 2. slæt. I græsserne blev der opnået 12,2–19,6 hkg tørstof pr. ha for vandning. De største merudbytter blev opnået i alm. rajgræs, hundegræs og engsvingel. I 3. slæt blev der for flere arters vedkommende fundet næsten lige så store merudbytter for vandning som i 2. slæt, men relativt lave merudbytter i hundegræs og timothe kunne antyde en mindre salttolerance hos disse arter. De største totalmerudbytter, 27,0–47,0 hkg tørstof pr. ha, blev opnået i forsøgsbehandling C i engsvingel, alm. rajgræs,

Tabel 1. Slætdataer, vandingsdatoer og vandmængder (mm) i parentes
Dates of cutting and irrigation. Irrigation (mm) in brackets

1974	1. slæt 3/7	2. slæt 31/7	3. slæt 30/9
3.	10/6 (10) 1/7 (19)		19/8 (10)
2.	10/6 (45) 1/7 (39)		19/8 (35)
1976	1. slæt 2/6	2. slæt 12/7	3. slæt 20/9
B		18/6 (50) 1/7 (50)	14/7 (75) 11/8 (65)
C		18/6 (50) 1/7 (50)	14/7 (75)
1977	1. slæt 15/6	2. slæt 28/7	3. slæt 12/9
B	8/6 (65)	1/7 (50)	
C		17/6 (60)	
1979	1. slæt 13/6	2. slæt 17/7	3. slæt 24/9
B		15/6 (50) 10/7 (50)	7/8 (50)
C		15/6 (50)	19/7 (60)
1980	1. slæt 11/6	2. slæt 24/7	3. slæt 1/10
B	21/5 (50)		
C			
1981	1. slæt 15/6	2. slæt 29/7	3. slæt 15/9
B	25/5 (50)	7/7 (50)	15/8 (50)
C			7/8 (50)

Tabel 2. Vandkvalitet
Quality of water

17/5 1974	pH	Lednings- evne, mmho	ppm					
			K	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P	SO ₄	HCO ₃
Soseodde	8,4	12,5	91	0,6	0,6	0	717	102
Tejlkås	8,6	12,6	90	1,2	1,0	0	730	98

17/5 1974	ppm				
	Na	Cl	Ca	Mg	B
Soseodde	2600	4700	122	290	1,0
Tejlkås	2560	5000	124	298	1,1
Soseodde					
6/6 1974	2640	4800			
2/7 1974	2360	4800			
21/8 1974	2190	3500			
14/7 1976	1870	3200			

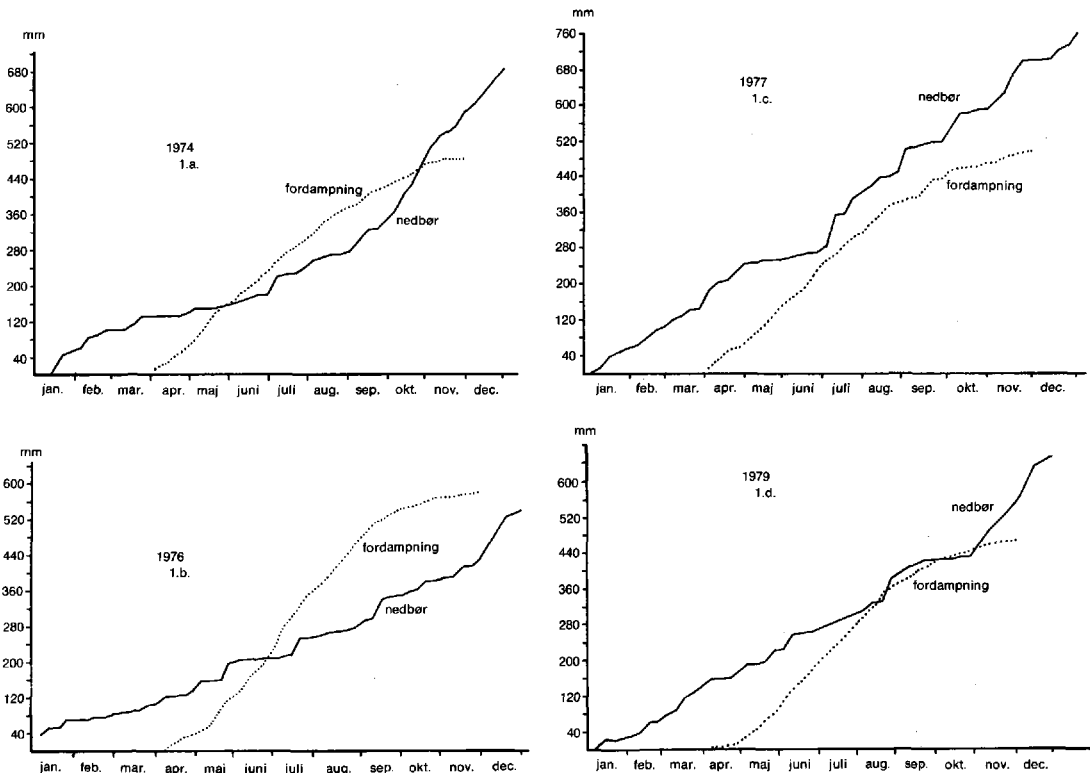


Fig. 1. Nedbør og fordampning sommeret, Åkirke
Precipitation and evapotranspiration summer

Tabel 3. Udbytte (1) og merudbytte (2 og 3), hkg tørstof pr. ha
Yield (1) and increase of yield (2 and 3), hkg of dry matter per hectare

1974	1	2	3	LSD
Slæt	Uvandet	Vanding til markkapacitet ved 40 mm underskud	Vanding med 10–15 mm ved 40 mm underskud	
1.	9,3	8,2	4,9	
2.	12,9	9,2	13,8	
3.	18,7	-4,4	0,5	
Sum	40,9	13,0	19,2	7,1

hvidkløver + engrapgræs, rød svingel og hundegræs.

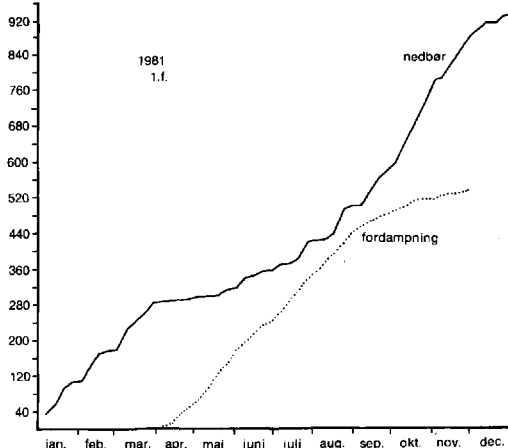
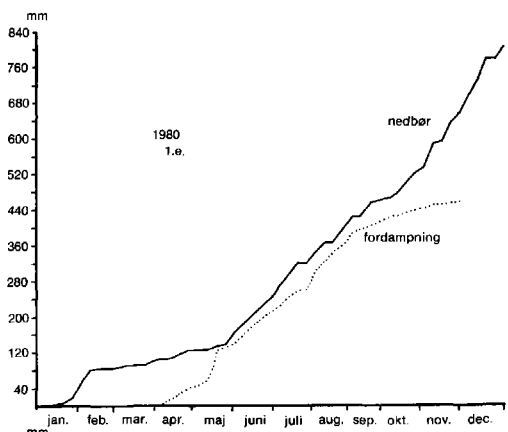
Der forekom i 1976 symptomer på saltskader, som var mindre fremtrædende eller ikke tilstede i de øvrige forsøgsår. Lucerne blev lysere og havde

svedne bladspidser. Hvidkløver havde en del lyse pletter på bladpladen og hundegræs hvide bladspidser. I engsvingel, rajgræs, rød svingel og timothe var det ikke muligt visuelt at konstatere skadesymptomer forårsaget af vanding. I det følgende år (1977) blev de dårligste vandingsresultater primært opnået i arter, hvor der var konstateret saltskader i 1976. I de mere tolerante arter kunne vanding med saltholdigt vand medføre en bedre plantebestand end i uvandet og dermed en positiv eftervirkning af vandingen, f.eks. alm. rajgræs 1. slæt 1977 afdeling C.

I 1977 var maj og juni nedbørsfattige. Afdeling B blev vandet én gang til første og én gang til andet slæt, medens afdeling C kun blev vandet til andet slæt. Totalt blev der opnået 32,6–31,1 hkg tørstof pr. ha i alm. rajgræs og hvidkløver + engrapgræs for én vanding til andet slæt. I rød svingel, engsvingel og timothe blev der kun opnået ca. 1/3 af dette merudbytte, medens der blev fundet negative merudbytter for vanding i hundegræs og lucerne. Tendensen fra 1976, hvor hundegræs og timothe gav det laveste merudbytte for vanding, forstærkedes således i 1977 især for hundegræs. Næsten generelt gav to vandinger (B) et mindre merudbytte eller et større negativt udslag end én vanding efter slæt.

I 1978 blev forsøget lagt ud i et nyt areal og derefter gennemført på det samme areal i de følgende 3 år.

I 1979 blev der vandet to gange i B og én gang i C til 2. slæt. Til 3. slæt blev vandet én gang i såvel B som C. Én vanding i begyndelsen af 2. slæts vækstperiode (C) gav lige så stort merudbytte som to vandinger i B.



Tabel 4. Udbytte (A), merudbytter for vanding (B og C), hkg tørstof pr. l
Yield (A), and increase of yield (B and C), hkg of dry matter per hectare

1976 Slæt	Alm. rajgræs			Hundegræs			Rød svingel		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1.	65,0	0,6	0,6	66,0	÷1,7	7,6	38,0	2,4	7,1
2.	49,0	14,4	17,7	26,9	14,3	19,6	24,8	12,6	12,2
3.	8,0	12,2	12,9	18,0	2,4	6,3	13,6	14,1	9,3
4.	19,4	÷2,4	0,2	13,6	÷7,4	÷6,5	15,0	÷3,1	1,3
5.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sum	141,4	24,8	31,4	124,5	7,6	27,0	91,4	26,0	29,9
LSD			21,6			24,0			2,04
1977									
1.	49,8	11,3	13,5	112,3	÷33,7	÷12,7	66,7	÷1,8	2,0
2.	16,1	6,2	21,0	26,3	+13,8	+9,4	20,6	+6,3	12,0
3.	15,8	÷1,3	÷1,9	25,1	÷8,6	÷0,8	19,0	÷3,7	0,3
Sum	81,7	16,2	32,6	163,7	+56,1	÷22,9	106,3	+11,8	14,3
LSD			13,0			27,7			15,2
1979									
1.	60,5	÷3,3	÷2,5	76,4	6,1	÷3,1	51,1	1,2	1,0
2.	15,0	17,8	16,1	19,3	13,2	14,1	6,8	6,7	10,1
3.	47,2	÷3,7	÷3,4	53,8	÷29,3	÷18,0	38,9	÷10,0	÷7,1
Sum	122,7	10,8	10,2	149,5	÷10,0	÷7,0	96,8	÷2,1	4,0
LSD			-			-			-
1980									
1.	53,1	÷1,8	÷7,0	95,0	÷24,0	÷18,4	75,7	÷13,3	÷14,6
2.	50,8	1,9	3,4	58,2	+22,5	+3,8	39,3	+15,9	2,5
3.	35,3	÷0,2	÷2,8	44,6	+5,5	÷0,7	27,8	+4,3	÷6,2
Sum	139,2	÷0,1	÷6,4	197,8	÷52,0	÷22,9	142,8	÷33,5	÷18,3
LSD			-			27,6			26,3
1981									
1.	46,0	3,7	5,0	68,4	÷2,6	12,0	41,1	+8,2	÷2,0
2.	11,3	10,7	+1,6	15,2	2,1	+1,7	11,8	8,5	0,1
3.	26,1	2,9	6,6	30,7	+4,7	9,0	22,2	÷2,2	5,2
Sum	83,4	17,3	10,0	114,3	+5,2	19,3	75,1	÷1,9	3,3
LSD			12,5			10,2			-
Gns. 1976/81									
	113,7	13,8	15,6	150,0	÷23,1	1,3	102,5	÷4,7	6,6
LSD			9,2			18,3			-

Engsvingel			Timothe			Hvidkløver + engrapgræs			Lucerne		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
55,1	2,4	5,9	37,8	0,0	6,3	20,8	0,2	1,2	31,5	±2,1	0,9
20,9	17,4	16,2	19,1	10,2	13,6	16,8	1,7	0,6	39,6	±1,2	0,9
6,5	13,8	20,8	3,5	1,7	3,1	6,8	12,6	18,0	11,6	7,7	9,9
9,0	±0,1	4,1	10,9	±5,9	±5,6	-	10,3	10,1	-	-	-
-	-	-	-	-	-	5,8	1,1	1,0	-	-	-
91,5	33,5	47,0	71,3	6,0	17,4	50,2	25,9	30,9	82,7	4,4	11,7
		20,9			14,8			15,9			-
67,8	6,3	5,1	69,3	3,5	7,1	26,1	2,8	5,9	72,3	±12,9	±9,2
8,6	3,3	7,2	10,7	±0,7	2,0	21,1	4,7	14,9	51,5	±9,9	±4,1
10,4	3,6	±0,5	29,8	±9,1	0,9	18,3	3,3	10,3	42,3	±5,6	0,4
86,8	13,2	11,8	109,8	±6,3	10,0	65,5	10,8	31,1	166,1	±28,4	±12,9
		7,7			-			-			-
65,1	±5,5	±6,3	56,4	0,4	4,3	22,6	±6,1	±2,7	27,8	±3,5	±2,9
9,0	13,6	13,4	5,7	6,9	9,6	10,4	13,8	16,4	12,0	2,5	9,3
41,0	±7,8	±5,7	39,4	±27,4	±25,4	19,8	±2,0	5,1	30,6	±13,4	±3,9
115,1	0,3	1,4	101,5	±20,1	±11,5	52,8	5,7	18,8	70,4	±14,4	2,5
		-			-			-			-
78,7	±13,6	±16,5	66,2	±24,9	±18,5	33,1	±4,3	±7,5	51,6	±19,7	±14,4
44,1	±13,1	±1,5	40,7	±15,3	1,6	40,2	±6,2	±5,9	39,2	1,3	4,9
27,9	±2,6	1,1	21,6	4,8	±0,8	22,9	0,6	±0,6	30,4	0,3	0,5
150,7	±29,3	±16,9	128,5	±35,4	±17,7	96,2	±9,9	±14,0	121,2	±18,1	±9,0
		-			23,2			-			11,4
60,7	±2,4	4,7	47,4	±4,3	±4,5	36,6	6,1	12,3	47,8	±3,4	5,8
6,4	12,4	±0,8	9,6	10,7	2,0	14,4	7,4	±3,4	42,3	3,0	5,7
22,0	1,6	8,2	23,9	±3,3	3,3	23,3	±1,3	3,7	39,0	±0,7	1,6
89,1	11,6	12,1	80,9	3,1	0,8	74,3	12,2	12,6	129,1	±1,1	13,1
		-			-			-			-
106,6	5,9	5,7	98,4	±10,5	0,6	67,8	8,9	15,9	113,9	±4,3	4,7
		-			-			13,3			-

I 2. slæt blev de højeste merudbytter for vanding (13,0–17,0 hkg tørstof pr. ha) opnået i alm. rajrgræs, hundegræs, engsvingel og hvidkløver + engrapgræs. I 3. slæt blev der målt udbyttenedgange i alle arter som følge af vanding, men størkest i hundegræs og timothe. Totalresultatet blev mindre, ikke signifikante merudbytter for vanding i hvidkløver + engrapgræs og alm. rajrgræs, ingen udslag for vanding i rød svingel, engsvingel og lucerne samt udbyttenedgang i hundegræs og timothe.

I 1980 blev der kun vandet én gang i B til 1. slæt. Effekten af denne vanding slog negativt igennem i 2. slæt, især i hundegræs og timothe. Generelt synes der i 1980 at have været en negativ eftervirkning af vanding med havvand i 1979. Totalresultatet blev et ubetydeligt udslag for vanding i alm. rajrgræs og store negative vandingseffekter i hundegræs, rød svingel, engsvingel og timothe. De største negative udslag fandtes i afdeling B.

I 1981, som var nedbørsfattig i april og maj måned og derefter nedbørsrig (fig. 1), blev der vandet én gang pr. slæt i B. I C blev der kun vandet til 3. slæt. I 2. slæt, afdeling B, blev der opnået merudbytter på 10,7 hkg tørstof pr. ha i alm. rajrgræs og timothe og 12,4 hkg tørstof pr. ha i engsvingel. På totaludbyttet blev der i rajrgræs opnået et merudbytte for en vanding pr. slæt (B) på 17,3 hkg tørstof pr. ha. Udslagene hos de øvrige arter var i de fleste tilfælde små og usikre.

I hundegræs og hvidkløver + engrapgræs blev der fundet merudbytter, som udelukkende stammede fra 1. slæt, der ikke var vandet i afdeling C. Årsagen til dette kendes ikke, men kan evt. delvis skyldes en bedre plantebestand i de forsøgsled, som var vandet i 1980, selv om vandingen i 1980 gav et negativt resultat på udbyttesiden.

I gennemsnit af hele forsøgsperioden fandtes signifikante merudbytter for vanding i alm. rajrgræs og hvidkløver + engrapgræs. I alm. rajrgræs var der kun ubetydelig forskel på resultatet af de to vandingstrategier. I gennemsnit af B og C blev der i alm. rajrgræs opnået et merudbytte på 14,8 hkg tørstof eller 13% for vanding. I hvidkløver + engrapgræs blev der opnået 15,9 hkg tørstof pr. ha eller 23% for vanding efter slæt. Vanding efter underskud gav 8,9 hkg tørstof pr. ha, hvilket ikke var signifikant.

I hundegræs, timothe og lucerne blev totaludbytterne ikke påvirket af vanding efter slæt, hvorimod vanding efter underskud medførte en udbyttenedgang på ca. 10 hkg tørstof pr. ha i timothe og ca. det dobbelte i hundegræs.

Engsvingel var i de fleste tilfælde upåvirket af vandingstrategien. Det gennemsnitlige merudbytte for hele forsøgsperioden var derfor ens i B og C, lidt under 6,0 hkg tørstof pr. ha og år, hvilket ikke var signifikant. I rød svingel blev der i gennemsnit af forsøgsperioden fundet et merudbytte på -4,7 og 6,6 hkg tørstof pr. ha og år for henholdsvis vanding efter underskud og efter slæt.

Jordanalyser

De relativt store vandmængder, som blev tilført i 1976 og 1979, medførte en betydelig stigning i såvel natriumtal som kloridtal i pløjelaget. De efterfølgende prøveudtagninger viste, at de ophobede kloridmængder hurtigt udvaskedes fra denne dybde, medens dette ikke var tilfældet for natrium.

Af profilanalyserne i fig. 2 ses, at i løbet af vinteren 1976–77 faldt kloridallet i pløjelaget med ca. 40 enheder i afdeling B, medens det i 38 cm dybde faldt med 25 enheder (fra 50 til 25). I 88 cm dybde var faldet kun 12 enheder (fra 50 til 38). Det relative fald i natriumkoncentrationerne i samme periode var væsentlig mindre, især i de to øverste dybder.

Fig. 2. viser endvidere, at kaliumtallene var upåvirkede af vanding. Magnesiumtallene var derimod stigende efter tilførsel af havvand og i forsøgsled B, som oftest blev tilført de største vandmængder, blev fundet de højeste magnesiumtal. I overensstemmelse hermed viser tabel 2, at der i havvand findes forholdsvis høje magnesiumkoncentrationer. Tilførsel af havvand forårsagede en markant udvaskning af calcium.

Fig. 2 viser, at når forsøget startede på et areal, som ikke tidligere var tilført havvand, 1976 og 1979, var calciumtallene ens i alle tre forsøgsled. Efter vanding med havvand faldt calciumtallene hurtigt og mest i afdeling B, som tilførtes de største mængder.

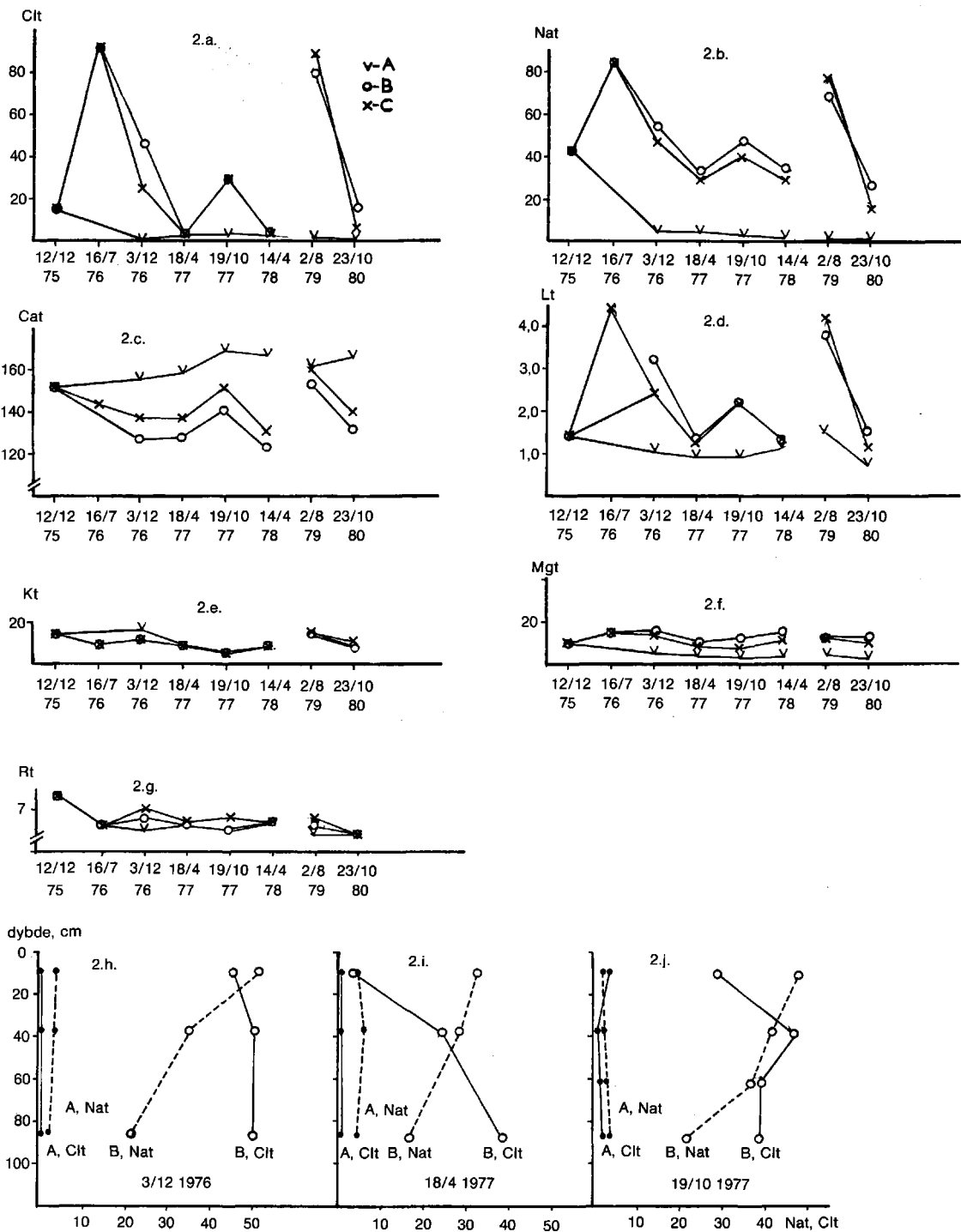


Fig. 2. Jordanalyser, a-g: 0-20 cm dybde, h-j: 0-100 cm dybde.
 Analyses of soil, a-g: 0-20 cm depth, h-j: 0-100 cm depth.

Tabel 5. Ombyttelige kationer i jorden (milliækvivalenter) på forskellige tidspunkter i forsøgsperioden, %
Exchangeable cations in the soil during the experiment period, %

		K	Mg	Na	Ca	Lt
3/12 1976	A	5	4	2	89	1,0
	B	3	14	22	61	3,2
	C	3	11	20	66	2,4
2/8 1979	A	5	4	1	90	1,5
	B	3	9	25	63	3,8
	C	3	9	26	62	4,2
30/10 1980	A	2	4	1	93	0,7
	B	2	12	13	73	1,5
	C	3	9	8	80	1,1

I år med store mængder tilført havvand fandtes en stigning i reaktionstallet, f.eks. i 1976 og 1979.

Ledningstallet kunne stige til over 4,0 efter en vandingssæson, men ved begyndelsen af næste vækstsæson var det ofte faldet til 1,0 igen.

Tabel 5 viser fordelingen af ombyttelige kationer i jorden på forskellige tidspunkter i forsøgsperioden.

I sidste slæt fra 1976 og 1979 blev der i flere arter fundet en udbyttenedgang i de vandede forsøgsled. Dette var især tilfældet i 1979, hvor natriumandelen af de ombyttelige kationer var oppe på 26%.

I begyndelsen af 1980 var der stor negativ eftervirkning efter vanding i 1979. Denne negative virkning aftog i løbet af vækstperioden, og var i sidste slæt ophørt for de fleste arter. På dette tidspunkt var natriumandelen faldet til 8–13%.

Kemisk sammensætning af plantetørstof

I fig. 3 er vist eksempler på planternes kemiske sammensætning. For de øvrige arter har forløbet i princippet været som illustreret med alm. rajgræs og hvidkløver + engrapgræs. Figuren viser, at vanding med havvand kan medføre et stærkt fald i tørstofindholdet i år, hvor der er anvendt store vandmængder. Det mest almindelige var et moderat fald.

Kvælstofindholdet faldt med op til 0,5% som følge af vanding, medens påvirkningen af nitratindholdet var mere usikkert. Der blev fundet stig-

ninger på op mod 1% i planternes K og Na indhold. Stigningen i kaliumindholdet var mere markant i alm. rajgræs end i hvidkløver + engrapgræs.

Kloridindholdet var mest påvirket af vanding. I de uvandede forsøgsled var kloridindholdet ofte omkring 1% i såvel græs som bælgeplanter. Vanding med havvand kunne medføre stigninger til mellem 3 og 4% i såvel græs som bælgeplanter. Planternes calciumindhold faldt typisk med 0,2–0,3% som følge af vanding med havvand, medens magnesiumindholdet i reglen var mindre påvirket.

Diskussion

Af de præsenterede resultater fremgår, at det kan være vanskeligt at drage tilstrækkeligt klare konklusioner med hensyn til effekt af den anvendte vandkvalitet. Der fandtes store årsvariationer i de opnåede forsøgsresultater, primært forårsaget af variationer i nedbør og nedbørsfordeling.

Nitsch (1967) konkluderede ud fra bl.a. svenske undersøgelser, at der ikke findes noget slutgyldigt og sikkert svar på spørgsmålet om anvendelse af Østersøvand til markvanding.

I og efter tørre år kan det næppe undgås, at der kommer udbyttenedgang og evt. strukturproblemer. Ved tilførsel af 100 mm af den anvendte vandkvalitet tilføres 8 t salt pr. ha. Der er dog mulighed for at afbøde saltskaderne ved tilførsel

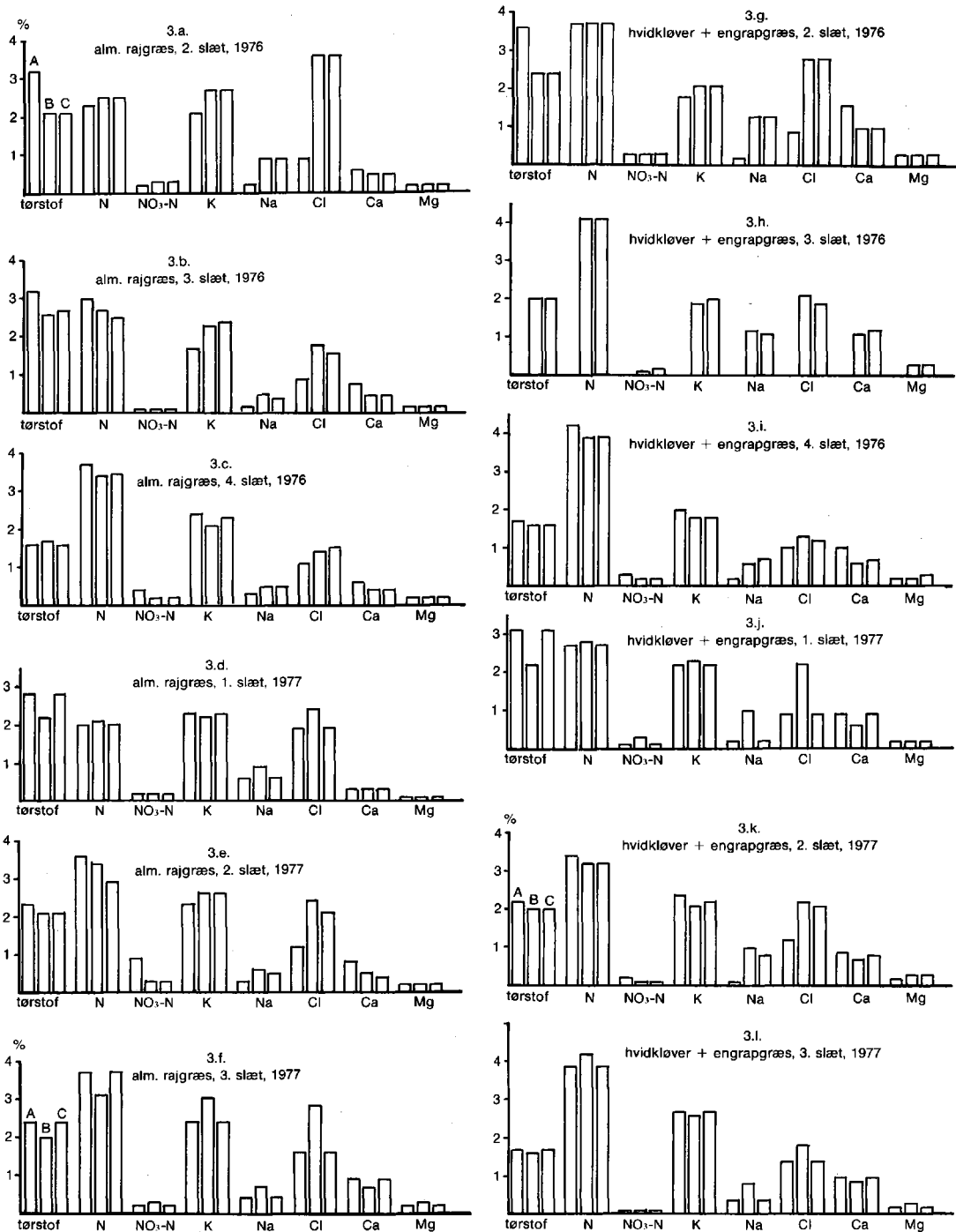


Fig. 3. Tørstofindhold og kemisk sammensætning af tørstof. På figuren er tørstofindholdet divideret med 10 og NO₃-N indholdet er ganget med 10.

Dry matter. Chemical composition of dry matter. In figure 3 the dry matter content is divided by 10 and the NO₃-N content is multiplied by 10.

af gips. Der skal dog kun regnes med en kortvarig effekt på 2–3 år (*Kaddous, 1973; Mount & Schuppan, 1978*).

De fleste undersøgelser viser negative virkninger, når saltindholdet i vandingsvandet nærmer sig 0,2%. Således er det i polske undersøgelser påvist, at græsudbyttet (græsblanding) faldt med 12–15%, når saltindholdet blev øget fra 0,1 til 0,5%. De samme undersøgelser viste, at planternes indhold af natrium, kalium, klorid og aske steg, medens calciumindholdet faldt ved anvendelse af saltholdigt vand, hvilket er i overensstemmelse med nærværende resultater (*Majdowski & Pruszyński, 1976*). *Langeecker et al. (1975)* fandt merudbytter for vanding af fodergræsser i blanding med vandingsvand med 0,4% salt, men ved 0,8% blev der ikke opnået merudbytter i forhold til uvandet.

Strukturproblemer opstår oftest under udvaskningsfasen, og ikke medens der er stor elektrolytkoncentration i jorden. *Quirk og Schofield (1955)*, *Mount og Schuppan (1978)* fandt, at det oven i købet kan være en fordel at anvende vandingsvand med en saltkoncentration op til 0,15% på natriumholdige jorde for at bevare en god struktur.

Planternes alder spiller også en rolle for effekten af saltholdigt vand. Det normale er, at tolerancen stiger med stigende alder. Spiringsfasen er den mest følsomme. Det er muligt at anvende spiringsfasen til at påvise en tolerancerækkefølge af forskellige arter (*Zawadzka, 1976*).

Nærværende undersøgelser viste, at natrium og kloridophobninger udvaskedes forholdsvis hurtigt fra pløjelaget, hvilket er i overensstemmelse med *Nitsch (1967)* og *Couwenhoven (1972)*.

Konklusion og sammendrag

Vanding med havvand på Bornholm har i gennemsnit af forsøgsperioden medført et statistisk sikkert merudbytte på 16,0 hkg tørstof pr. ha og år i alm. rajgræs og hvidkløver + enrapgræs. Dette merudbytte kan kun betale vandingen, når der er meget korte forsyningsledninger, hvor faste og variable omkostninger vil være ca. 1500 kr. pr. ha og år i gennemsnit (1982 priser).

I lucerne, engsvingel og rød svingel blev der i gennemsnit kun opnået 4,7–6,6 hkg tørstof pr. ha og år for vanding, medens der i timothe og hundegræs fandtes ingen eller negative merudbytter for vanding.

Vanding til markkapacitet efter slæt gav større merudbytte, færre vandinger og dermed lavere omkostninger end systematisk vanding til markkapacitet efter underskud.

Vanding med havvand medførte nedgang i planternes tørstof-, totalkvælstof- og calciumindhold, medens kalium-, natrium- og især kloridindholdet steg.

Flere vandinger umiddelbart efter hinanden i tørre år medførte ophobning af natrium og klorid i jorden. Efterårs- og vintermedbøren var i de fleste år i stand til at udvaske denne ophobning fra pløjelaget, men ikke fra den øvrige del af profilen ned til 1 m dybde.

På grundlag af de foreliggende resultater må det frarådes at tilrettelægge et traditionelt vandingsprogram alene baseret på havvand med ca. 0,8% natriumklorid. I tørre år vil vanding med denne vandkvalitet efter 1. slæt ganske vist kunne sikre et stort udbytte af 2. slæt. Fortsætter tørken og vandingen med havvand, vil der opstå saltophobning og dermed indtræde en produktionsnedgang. Hvis denne udbyttenedgang skal undgås i længevarende tørkeperioder, er det derfor nødvendigt at have adgang til fersk vand.

Efter vanding med havvand må det formodes at være nødvendigt med mindst 2–3 år, hvor denne vandkvalitet overhovedet ikke anvendes.

Litteratur

- Bernstein, L. (1964):* Salt tolerance of plant. USDA Agr. Inf. Bull. 283.
- Couwenhoven, T. (1972):* De verzilting en het gebruik van sproeiwater in de akkerbouw. Instituut voor cultuurtechniek en Waterhuishouding. Mededeling 137.
- Dam, J. G. C. (1954):* Onderzoek naar de zoutgevoelighed van de belangrijkste vollegrondsgroentegewassen. Med. Dir. Tuinbouw 17, 811–824.
- Hellings, A. J. (1971):* Eisen inzake de kwaliteit van sproeiwater voor vollegrondstuinbouwgewassen. Bedrijfsontw. ed. Tuinb. 2, 31–38.

- Jensen, C. R.* (1975): Effects of salinity in the root medium. I Yield, photosynthesis and water relationships at moderate evaporative demands and various light intensities. *Acta Agriculturae Scandinavica* 25, 3-10.
- Jørgensen, V.* (1976): Vanding af grønsager med grundvand og saltholdigt vand. *Tidsskr. Planteavl* 80, 791-809.
- Johansson, W.* (1978): Water resources for irrigation in agriculture. 2. Water requirements of crops and irrigation. *Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidsskrift* 117, 299-307.
- Kaddous, F. G.* (1973): Gypsum for sodic soils under irrigation in the Lodon Region. *J. of Agr., Victoria*, 71, 319.
- Langeecker, W., Salem, S. & Bartolomaeus, W.* (1975): The effect of saline groundwater on yield and composition of clovergrass mixtures. *Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde* 19, 745-754.
- Majdowski, F. & Pruszyński, C.* (1976): Irrigation of pasture on light soil with saline water. *Roczniki Nauk Rolniczych*, 79, 71-83.
- Mount, J. H. & Schuppan, D. L.* (1978): The effects of saline irrigation water and gypsum on perennial pasture grown on a sodic, clay soil at Kerang, Victoria. *Austr. J. of Agr. and Animal Husbandry* 18, 533-38.
- Nitsch, U.* (1967): Kan man bevattna med østersjøvat-ten? *Grundförbättring* 20, 133-148.
- Quirk, J. P. & Schofield, R. K.* (1955): The effect of electrolyte concentration on soil permeability. *J. of Soil Sci.* 6, 163.
- Westerhof, J. J.* (1950): Restoration of the structure of inundated areas in the Netherlands. *IV Int. Congr. Soil Sci. Trans. Vol 1*, 415-418.
- Zawadzka, M.* (1976): Salt tolerance of grasses and leguminous plants. *Acta Agrobotanica* 29, 85-98.

Manuskript modtaget den 15. april 1982.